

APUNTES DE CIENCIAS

Ciencias para el mundo contemporáneo

La novedad más llamativa del bachillerato LOE es, sin duda, la inclusión de Ciencias para el mundo contemporáneo (CCMC), una materia para todos los alumnos, independientemente de su modalidad. No es algo radicalmente nuevo, ni en Europa -pensemos, por ejemplo, en Science for Public Understanding, del Reino Unido- ni en España, donde décadas atrás las ciencias formaban parte de las materias comunes del bachillerato.

No podemos pretender que esta asignatura incremente el número de vocaciones científicas, a pesar de las declaraciones del MEC en este sentido, pero sí es deseable -y exigible- un impacto positivo y relevante en la extensión de la cultura científica entre los alumnos, como parte de la formación básica que necesita un ciudadano. De hecho, la introducción al currículo recoge este objetivo: «*El reto, para una sociedad democrática, es que la ciudadanía tenga conocimientos suficientes para tomar decisiones reflexivas y fundamentadas sobre temas científico-técnicos de incuestionable trascendencia social, y poder participar democráticamente en la sociedad.*»

Deberíamos celebrar la aparición de esta materia común, orientada al tratamiento de cuestiones científicas del mundo actual, aunque no falten críticas sobre su temario inabordable y sobre los posibles solapamientos con Biología, Geología y Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente. Es indiscutible que la asignatura plantea un temario complejo, con un amplio abanico de temas diversos y polémicos, desde el genoma humano al mundo digital, pasando por la sostenibilidad, los nuevos materiales, las energías renovables y delicadas cuestiones de bioética. Afortunadamente, no es un temario que haya que preparar para la selectividad, y lo razonable es que cada profesor haga su propia selección de temas y les dedique el tiempo suficiente para que la materia cumpla sus objeti-

vos. Es también importante que el profesorado sea consciente de que CCMC es una de las áreas más exigentes y que requerirá su máxima atención, no tanto por la dificultad técnica de los contenidos como por las implicaciones éticas de muchos de ellos.

Esta materia común parece demandar un enfoque divulgativo, humanista y centrado en los aspectos éticos, con una metodología que se apoye más en lecturas y debates que en fórmulas y algoritmos, para evitar que el bosque de la ciencia quede oculto tras los árboles de artificios matemáticos. No olvidemos que el saber científico no es algo incuestionable, sino solo un saber conjetural, de acuerdo con Karl Popper, quien nos ofrece además una valiosa pista para acercarnos a esta asignatura: «*La ciencia es la búsqueda de la verdad a través de la crítica.*» Por eso es fundamental evitar los enfoques cientifistas, herederos de un mecanicismo que concebía el universo como una máquina precisa bajo leyes deterministas inalterables. Siguiendo con Popper, «*La ciencia es cosa de los hombres y, como tal, falible. El cientifismo es una fe ciega, dogmática en la ciencia. Y esa fe ciega es algo ajeno al verdadero científico.*»

Y para quienes duden de la necesidad de una ciencia para todos, Eduardo Punset, que apoya con entusiasmo las CCMC como medio privilegiado para la difusión pública de la ciencia entre adolescentes, cuenta que la respuesta más contundente a la pregunta de por qué es importante el conocimiento científico, la recibió del prestigioso cosmólogo Edgard Kolb, cuando le respondió: «*No te quiero alarmar, Eduardo, pero un noventa y cinco por ciento de la realidad es invisible.*» He aquí una buena razón para llevar la ciencia a todos los ciudadanos: hacer visible una buena parte de la realidad.

AUGUSTO IBÁÑEZ
aibanez@profes.net

Sumario:

Ciencias para el mundo contemporáneo: una

materia para todos

LHC: La máquina del tiempo

El currículo de Ciencias para el mundo

contemporáneo

Aplicaciones didácticas para CCMC

Molinos en la mar

Se cumplen 150 años de la presentación de la teoría del origen de las especies

La cara oculta de la química

Coordinación

Augusto Ibáñez

Colaboradores

Ignacio F. Bayo

Violeta Calvo

A. Cantorné

Juan Fernández

Paula B. Ibáñez

Antonio Moreno

Emilio Pedrinaci

Eulalia Pérez Sedeño

Julio Puente

Ciencias para el mundo contemporáneo: una materia para todos

Los cambios científicos, económicos y tecnológicos han modificado notablemente una realidad social que cada día demanda más y mejor formación científica. Parece claro que entre la formación común de todo alumno de bachillerato debería haber conocimientos científicos, pero hasta la reforma actual no había ninguna materia común de naturaleza científica. La nueva normativa ha venido a reconocer por primera vez la necesidad de incluir conocimientos científicos dentro de la formación común de todos los bachilleres.

CIENCIA Y CULTURA

Las ideas acerca de qué conocimientos son necesarios para acceder a los estudios universitarios o para enfrentarse con ciertas posibilidades de éxito a la vida cotidiana no han dejado de evolucionar, y con ellas lo ha hecho la noción de qué conocimientos debe poseer una persona para que pueda ser considerada «cultura». En 1745 los requisitos que debían cumplir los estudiantes para ser admitidos en la Universidad de Harvard incluían leer, redactar y hablar en prosa y en verso en latín clásico, así como declinar a la perfección sustantivos y verbos griegos.

Hoy resultaría inconcebible que fueran estos los conocimientos exigidos para el acceso a una universidad. La economía del siglo XXI, su industria pero muy especialmente su sociedad, tienen unas prioridades en las que el conocimiento científico ocupa una posición central.

Cada día los medios de comunicación ofrecen noticias sobre alimentos transgénicos, clonaciones, cambio climático, nuevos materiales, energías alternativas o sobre el uso ¿inquietante? de la información genómica. Son noticias con bases científicas pero se refieren a cuestiones que afectan a nuestra vida cotidiana y a nuestras expectativas de futuro. Sobre ellas todos deberíamos estar en condiciones de opinar y hacerlo de una manera fundada. Y, sin embargo, un buen número de personas es incapaz de en-

tender muchas de estas informaciones. Una situación como esta hace que resulte necesario que volvamos a plantearnos ciertas preguntas:

- ¿Qué conocimientos mínimos debe poseer en la actualidad una persona para que pueda considerarse «medianamente culta»?
- ¿Qué formación básica debería tener un estudiante al finalizar el bachillerato, sea cual fuere la modalidad que cursase?
- ¿Qué conocimientos científicos tendría que incluir esta formación?

No resulta fácil responderlas ni, desde luego, alcanzar un acuerdo en las respuestas. En cualquier caso, parece claro que en la formación común debería haber contenidos científicos. A pesar del elevado porcentaje de horas de formación común en el Bachillerato, nunca ha habido ninguna materia común de naturaleza científica.

La nueva normativa ha venido a reconocer la necesidad de dar entrada a una formación científica para todos. La asignatura Ciencias para el Mundo Contemporáneo (en adelante CCCMC) constituye una concreción de los contenidos que debería recoger esa formación científica para todos en el Bachillerato y, con independencia de valoración que cada uno pueda hacer del grado de acierto de esta concreción, puede que lo más importante sea que con ella se reconozca, por primera vez, la necesidad de incluir conoci-

mientos científicos dentro de la formación común de todos los bachilleres.

¿QUÉ TIPO DE CURSO DE CIENCIAS PUEDE RESULTAR ÚTIL PARA LOS ESTUDIANTES DE BACHILLERATO?

Robin Millar y Andrew Hunt (2006), dos de los profesores que participaron en el diseño y experimentación en Inglaterra de una asignatura similar a las CCMC señalan que una de las preguntas básicas que debemos hacernos antes de tomar decisiones sobre una materia como la que nos ocupa es *¿qué tipo de curso de ciencias podrían encontrar interesante y útil tanto ahora como en sus vidas de adultos los estudiantes que lo van a seguir?*

Una de las finalidades básicas que debe plantearse una materia como las CCMC es ayudar a superar el rechazo que ciertos estudiantes del Bachillerato sienten hacia la ciencia y el bloqueo que a veces les genera, mostrándoles, de una parte, la utilidad que para ellos y sus vidas futuras puede tener y, de otra, que suele haber un nivel de acercamiento a las cuestiones científicas que resulta asequible para los no especialistas.

Un curso de CCMC que se ajuste a esta finalidad y que, como sugieren Millar y Hunt, pueda resultar interesante y útil, debería tener las siguientes características:

- Estar centrado en el tratamiento de

algunos de los grandes problemas que unen a su interés científico un interés social.

- Permitir el tratamiento de los problemas sin necesidad de entrar en detalles científicos complejos que suelen resultar disuasorios.
- El tratamiento debe invitar a la búsqueda de información, ayudar a alcanzar conclusiones basadas en hechos, datos y observaciones, propiciando la construcción de una opinión informada.

En definitiva, debe apoyarse en los conocimientos científicos con mayor carácter instrumental porque, a diferencia de lo que se suele indicar, la matemática y la lengua no son las únicas materias instrumentales.

En efecto, la ciencia esta constituida por un cuerpo estructurado de principios, leyes y teorías pero también por los procedimientos utilizados para generar, validar y modificarlos. Y la funcionalidad de estos procedimientos va mucho más allá del ámbito científico, alcanzando a las actividades sociales y laborales más diversas.

Así, entre las capacidades o competencias que desarrolla la actividad científica y que resultan básicas en una amplia gama de situaciones destacan:

- Analizar una situación e identificar algunos problemas susceptibles de ser investigados o tratados.
- Buscar información, datos, conceptos o ideas que ayuden a tratar la cuestión planteada.
- Conjeturar posibles respuestas y contrastarlas.



- Alcanzar conclusiones fundadas y ser capaz de comunicarlas.

Son competencias que debe poseer un científico pero que resultan igual de imprescindibles para un economista, un sociólogo o un empresario sea cual fuere el sector en el que desarrolle su actividad.

En el caso de los alumnos de ciencias es cierto que los contenidos y los enfoques de las CCMC serían perfectamente integrables en las tradicionales asignaturas de ciencias, pero su existencia como materia independiente proporciona una libertad, un tiempo y unos recursos de los que, en caso contrario, se carecería.

**EMILIO PEDRINACI
VIOLETA CALVO**

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MILLAR, R. y HUNT, A. (2006): La ciencia divulgativa: una forma diferente de enseñar y aprender ciencia. *Alambique* n. 49, pp.20-29
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA. (2007): *REAL DECRETO 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas.* BOE, 266.
- ROCARD, M y otros (2007): *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe.* Comisión Europea. (Hay una traducción al castellano en *Alambique* n.55, pp. 104-120).
- ROGER SCHANK (2004): *¿Seremos más inteligentes?* (En J. Brockman –coord– *Los próximos cincuenta años. El conocimiento humano en la primera mitad del siglo XXI.* Kairós. Barcelona).
- UNESCO- ICSU (1999): *Declaración sobre la Ciencia y el uso del saber científico.* www.oei.org.co/cts/budapest.dec.htm

¿QUÉ PUEDE APORTAR AL ALUMNADO DE HUMANIDADES?	¿QUÉ PUEDE APORTAR AL ALUMNADO DE CIENCIAS?
<ul style="list-style-type: none"> - Una determinada forma de acercarse a los problemas, de analizarlos, de obtener conclusiones que tiene que ver con la metodología científica, los procedimientos que utiliza y el rigor que le acompaña. - Criterios que ayuden a diferenciar entre opiniones personales y conclusiones, entre describir e interpretar y, sobre todo, entre ciencia y pseudociencia. - Capacidad para construir una argumentación sólida con lenguaje preciso, en la que las ideas vengan avaladas por hechos, observaciones o evidencias que las apoyen, y en la que se establezcan relaciones entre estas ideas expuestas y las conclusiones finales. - Capacidad para leer e interpretar gráficas, para establecer correlaciones entre las variables implicadas o para buscar regularidades y formular preguntas en torno a ellas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Una relación más explícita de las ciencias con el medio natural y con la sociedad, mostrando sus bases pero también sus incertidumbres. - Una perspectiva mejor de la «ciencia frontera», frente a unos temarios de las materias de modalidad dominados por contenidos más establecidos. - Una visión más clara de la utilidad social del conocimiento científico y de la conveniencia de establecer ciertos controles sociales. - Tiempo para analizar problemas científicos y dedicarles la atención que se merecen, sin los condicionantes de los extensos programas de las materias de la modalidad. - Nuevos motivos para interesarse por las ciencias y para hacerse mejores usuarios de la información científica.

LHC: La máquina del tiempo

El Gran Colisionador de Hadrones (LHC), el acelerador de partículas más potente que jamás se haya construido, acaba de iniciar con éxito su andadura. Esta máquina colosal, quizá el experimento más grande de la historia de la física, genera enormes expectativas entre los científicos, que esperan profundizar en la estructura de la materia y reproducir las condiciones de los primeros instantes del universo.

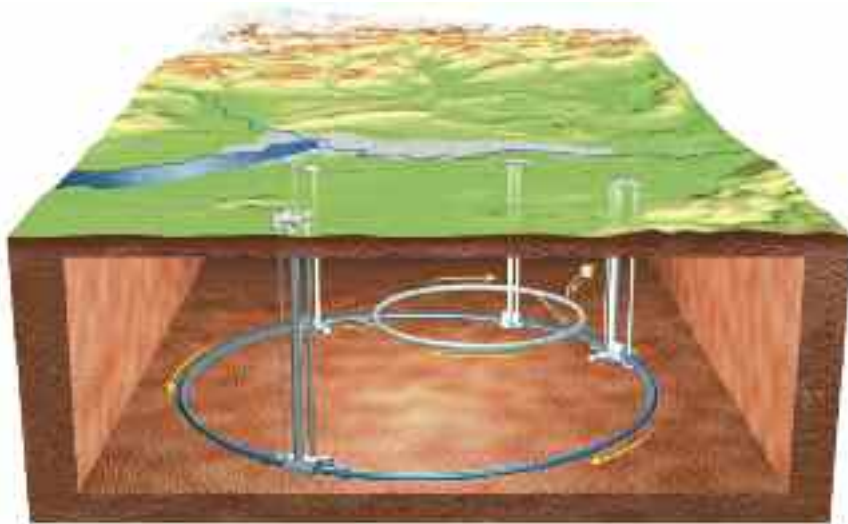
«Hoy es un día histórico después de veinte años de trabajo y esfuerzos de miles de científicos del mundo», expresaba jubiloso el director del Laboratorio Europeo de Física de Partículas (CERN), Robert Aymar, el pasado 10 de octubre ante un nutrido grupo de medios de todo el mundo. «Por primera vez se ha conseguido que el acelerador aceptara las partículas y que estas circularan», añadió. Horas antes, un haz formado por millones de protones había logrado dar, por primera vez, una vuelta completa al Gran Colisionador de Hadrones (LHC), un gigantesco acelerador subterráneo, en el sentido de las agujas del reloj. Y algo más tarde, otro haz de partículas lograba recorrer todo el acelerador, en sentido contrario.

El éxito de este experimento fue celebrado con aplausos por los numerosos científicos presentes. Y eso que la experiencia inicial fue una simple vuelta de reconocimiento al enorme circuito subterráneo de 27 km, para constatar que todo funcionaba. El haz de protones se lanzó tramo a tramo, entre las ocho secciones del gigantesco anillo, y tardó alrededor de una hora en recorrerlo, muy lejos de las velocidades, próximas a la de la luz, que deberá alcanzar en los próximos meses, cuando el acelerador esté plenamente operativo. Para entonces, las partículas que recorrerán el túnel darán unas 11.200 vueltas por segundo. La simple constatación de que un sistema tan complejo funcionaba correctamente, fue un enorme éxito, que explica

el entusiasmo de los científicos. El experimento, calificado por algunos como la mayor aventura de la ciencia desde el alunizaje de las naves Apollo, había requerido muchos años de trabajo, un enorme esfuerzo económico y la colaboración de 10.000 científicos pertenecientes a casi un centenar de países. ¿Por qué tanto esfuerzo? ¿Dónde radica su importancia?

El premio Nobel de física Carlo Rubbia expresó, tras la prueba inicial del LHC, algunas claves que recogen la trascendencia de este experimento: «Ahora estamos en posición de poder acercarnos más y más atrás, al origen del Universo, y de poder no sólo observar, sino simular, esos instantes». El físico italiano añadió que «a pesar de los grandes conocimientos que tenemos del Universo, desconocemos el 95 por ciento de la materia, y ahora tenemos el mecanismo para transformar la teoría filosófica del Big Bang en física experimental, lo que es absolutamente fantástico».

Hasta que el LHC funcione a pleno rendimiento se necesitarán muchos meses de prueba y resolver problemas técnicos serios, como la grave avería que ocurrió nueve días después de la inauguración, cuando una pérdida de helio obligó a revisar todo el circuito criogénico y a aplazar, hasta abril, las primeras colisiones. Esto retrasará aún más los esperados choques frontales entre protones a una velocidad próxima a la de la luz, que reproducirán situaciones parecidas a las de los instantes posteriores al Big Bang, hace más de 13.000 millones de años.



Esquema de la situación del túnel del LHC en la frontera franco-suiza. Los cuatro principales experimentos (Alice, Atlas, CMS y LHCb) se encuentran en grandes cavernas conectadas con la superficie (CERN).

LA MAYOR MÁQUINA SUPERCONDUCTORA DEL MUNDO

El LHC está instalado en un túnel de unos 27 kilómetros de circunferencia, a una profundidad que oscila entre los 50 y los 150 metros, en la frontera entre Francia y Suiza. En este túnel estuvo instalado, durante once años, el famoso LEP, que aceleraba electrones y positrones (la antipartícula del electrón) hasta velocidades cercanas a la de la luz, para hacerlos colisionar posteriormente. La energía máxima conseguida por el LEP será, inicialmente, multiplicada por 70 en el nuevo LHC. Este inmenso aparato acelerará dos haces de protones en sentidos opuestos, hasta alcanzar más del 99,9% de la velocidad de la luz. En un futuro, el LHC acelerará núcleos atómicos de plomo, lo que permitirá multiplicar por 82 veces la energía máxima producida en las colisiones entre protones.

Los haces iniciales de partículas se crean en una cadena de aceleradores que ya existían en las instalaciones del CERN, y después se inyectan en el LHC, donde se van acelerando a su paso por miles de imanes superconductores, enfriados hasta tan solo un par de grados sobre el cero absoluto de temperaturas. Precisamente en estos imanes superconductores, que producen un campo magnético muy intenso, cien mil veces más poderoso que el terrestre, reside la clave de la capacidad aceleradora del LHC. Para lograr la superconductividad, es necesario sumergirlos en unos 700.000 litros de helio líquido a unos 271 grados Celsius bajo cero.

Cada vez que los haces de núcleos se cruzan se producen alrededor de veinte colisiones, pero como cada segundo se producirán unos treinta millones de cruces, se generarán unos seiscientos millones de colisiones por segundo. Estas colisiones de partículas relativamente pesadas –protones o núcleos de plomo–, aceleradas casi a la velocidad de la luz, generarán una ingente densidad de energía, que recreará las condiciones en que se encontraba el universo fracciones de segundo después del Big Bang. En este sentido, el LHC es una máquina del tiempo, que nos ayudará a acercarnos a los primeros instantes del universo, y desvelar sus leyes básicas.

Parte de la gigantesca energía producida en las colisiones puede transformarse en nuevas partículas, de acuerdo con



Un par de ingenieros alinean los imanes superconductores en el túnel del LHC (CERN).

la conocida ecuación de Einstein, $E=mc^2$, que explica la equivalencia entre masa y energía. Las partículas generadas son muy inestables y al desintegrarse originan una cascada de nuevas partículas, cuyos rastros son registrados mediante cuatro inmensos detectores. Estos detectores, llamados Alice, CMS, LHCb y Atlas, se encuentran en los cuatro puntos de colisión del anillo. Su misión es, básicamente, recoger los rastros de las partículas generadas para poder identificarlas.

El antecesor del LHC fue el LEP, que inició sus actividades en otoño de 1989. Su principal contribución fue establecer el cuadro de las partículas e interacciones fundamentales. El LEP logró éxitos espectaculares, como producir bosones W^+ , W^- y Z^0 , que dieron un fuerte espaldarazo al Modelo Estándar. Otro gran éxito fue demostrar que todas las partículas elementales se agrupaban en un máximo de tres familias (la primera, que compone la materia actual del universo, formada por los quarks up y down, el



Un grupo de técnicos instala el detector CMS (CERN).

ESPECIAL CCMC

electrón y el neutrino electrónico). Las valiosas aportaciones del LEP consolidaron el Modelo Estándar, que ahora está considerado como una teoría fundamental de la física. Y, por si fuera poco, al final de su vida útil el LEP recogió algunos indicios de la existencia del ansiado bosón de Higgs, conocido como «la partícula divina», pero no fue capturado. El detector Aleph, en septiembre de 2000, encontró rastros que podrían pertenecer a esta partícula, cuya masa se calculó en 114,9 gigaelectronvoltios (GeV). Los científicos lograron una pequeña prórroga de actividad del LEP, para seguir investigando ese rastro, pero dos meses después, en noviembre, el LEP cerró definitivamente sus puertas, para iniciar su desmantelamiento e instalar el actual LHC.

LA PARTÍCULA DIVINA

El misterioso bosón de Higgs, que debe su nombre al físico escocés Peter Higgs, quien postuló su existencia en

1964, es conocido como «la partícula divina» porque, según el Modelo Estándar, confiere la masa a las restantes partículas elementales y resulta imprescindible para comprender el mundo subatómico. La existencia de esta partícula permitiría explicar por qué las partículas elementales tienen masa y por qué las masas son tan diferentes entre sí. Si no existiera, habría que revisar completamente los modelos actuales que utiliza la física para explicar el Universo.

El vacío es uno de los conceptos peor conocido por los científicos. Pensamos que el vacío es lo que queda cuando hemos extraído todo el contenido de un recipiente, incluido el aire, pero el Modelo Estándar prevé que hasta en el vacío más extremo quedan cosas muy importantes. Se trata del campo de Higgs, que se concreta en vibraciones del vacío. El LHC podrá explorar una amplia región donde se supone que se encuentra la partícula de Higgs, que es la pieza que falta para completar el cuadro del Modelo Estándar. Uno de los principales objetivos del LHC es, precisamente, cazar al bosón de Higgs y fabricarlo en cantidades suficientes como para llegar a conocerlo a fondo. Los expertos consideran que, si el bosón de Higgs existe, podrá detectarse en el LHC, aunque es muy improbable que se pueda hacer un descubrimiento de ese calibre antes de tres años.

LOS RETOS DEL LHC

Las grandes preguntas de la física de partículas requieren de grandes instalaciones donde se alcancen energías colosales capaces de romper la materia y liberar sus constituyentes últimos. Tras la exitosa historia del LEP, hay pocos aceleradores en el mundo capaces de acercarse a las energías del Big Bang. El más importante era el Fermilab, situado en Chicago, que se desactivara en pocos años. De modo que el LHC es la estrella indiscutible de los aceleradores actuales. No obstante, se siguen estudiando nuevas formas de acelerar partículas que permitan un salto significativo en la energía conseguida. Por ejemplo, ya se están desarrollando nuevos aceleradores lineales, porque

evitan pérdidas de energía de las trayectorias circulares, y también se trabaja sobre la posibilidad de construir uno circular pero de un tamaño mucho mayor, unas ocho veces más largo, para generar una energía mucho más elevada.

El Gran Colisionador de Hadrones (LHC) tratará de responder a algunas de esas grandes preguntas que plantean los físicos de partículas. Alguna, como la búsqueda del escurridizo bosón de Higgs, pieza clave del Modelo Estándar, ya la hemos presentado. Pero hay otros problemas que esperan respuesta para el momento en que el LHC plenamente operativo:

Cuando la energía se transforma en materia, como debió ocurrir en el Big Bang, se produce una partícula y su correspondiente antipartícula, exactamente igual pero de carga eléctrica opuesta. Por ejemplo, la antipartícula del electrón es el positrón, y cuando ambos colisionan, se aniquilan mutuamente y generan energía. Lo lógico sería que hubiera la misma cantidad de materia que de antimateria en el universo, pero no es así. ¿Por qué el universo está hecho de materia?; ¿qué pasó con la antimateria creada simultáneamente en el Big-Bang?

Otro problema es confirmar los indicios de que existe en el universo, en grandes cantidades, una materia que no está hecha de átomos, pero que produce empuje gravitatorio. Los físicos la llaman materia oscura, porque no emite luz. ¿Qué es esta materia? ¿De qué está hecha? ¿En qué proporción se encuentra respecto de la materia visible?

Hay otro gran problema que el LHC puede ayudar a analizar, y es el viejo asunto de la gran unificación de las fuerzas de la naturaleza. Es posible que el LHC permita avanzar hacia la unificación de la teoría cuántica, que incluye el Modelo Estándar, y de la relatividad general, que incluye la gravedad. Los físicos trabajan sobre el concepto de supersimetría, para progresar en esa unificación.

Pero la cuestión más atractiva para el no especialista en física es saber qué ocurrió en los primeros instantes del universo, en las millonésimas de segundo que siguieron al Big Bang. En realidad, el Big Bang no ocurrió en un punto determinado, sino que todo explotó al mismo tiempo. Algunas colisiones en el LHC recrearán las condiciones del Big



Un ingeniero coloca tubos fotomultiplicadores en el detector LHCb. Aquí se estudiará el quark bottom, a través de los fotones, electrones y positrones generados en su desintegración (CERN).

Bang, con temperaturas extremadamente altas pero en un espacio muy pequeño. Pero eso no quita emoción a la idea de acercarse a los primeros instantes. El propio presidente del CSIC, Rafael Rodrigo, manifestó tras la puesta en marcha del LHC que «tecnología y ciencia se han puesto de nuevo de acuerdo y han hecho un instrumento científico maravilloso, uno de los mejores que ha hecho el ser humano para poder analizar, incluso, los principios del universo».

MIEDOS INFUNDADOS

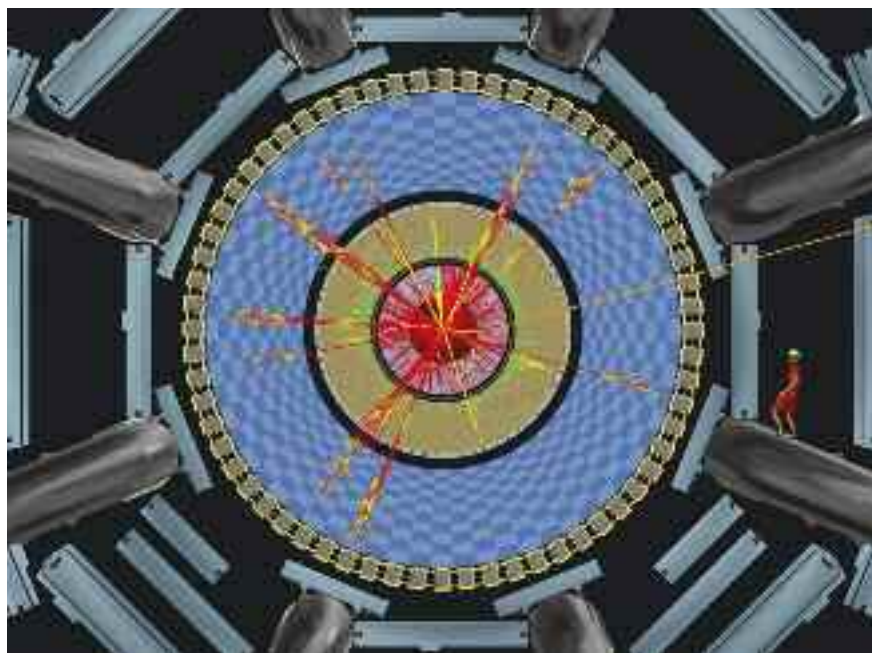
Buena parte de la expectación suscitada por el LHC procede de la alarma desatada cuando algunos científicos denunciaron que las colisiones de gran energía en el LHC podrían generar agujeros negros, que podrían poner en riesgo al planeta. El propio director general del CIEMAT, Juan Antonio Rubio, ha insistido en tachar de absurdas las advertencias de algunos científicos sobre la posibilidad de que este colisionador de hadrones pueda generar agujeros negros que supongan un peligro. «No hay ninguna base científica, es totalmente falso y no existe el menor riesgo de que eso suceda», ha aclarado.

Los científicos del CERN ya advirtieron en un informe publicado en agosto pasado que no existía ningún riesgo. Dicho documento afirma que «durante los pasados miles de millones de años la naturaleza ya ha generado en la Tierra colisiones equivalentes a un millón de experimentos como los del LHC». «Y nuestro planeta todavía existe», agrega el informe. «No hay bases para preocuparse sobre las consecuencias de las nuevas partículas o formas de materia que podrían producirse en el LHC».

No obstante, el informe admite que en el colisionador podrían crearse agujeros negros microscópicos, pero no se parecerían en nada a los que se crean cuando las estrellas se colapsan. Los miniajuzeros tendrían una vida muy corta y se evaporarían antes de que la materia pudiera ser aspirada.

EL EQUIPO HUMANO

El famoso Laboratorio Europeo de Física de Partículas (CERN) lleva más de medio siglo explorando la estructura íntima de la materia. Como hemos visto anteriormente, sus valiosas aportaciones,



Simulación de evento en el detector ATLAS en el que un agujero negro microscópico se produce tras la colisión de dos protones (CERN).

galardonadas varias veces con el Nobel, han contribuido a consolidar el Modelo Estándar, que ofrece un conocimiento integrado de la materia. En el ámbito de las aplicaciones prácticas, otro de los grandes logros del CERN fue la creación en 1990 de la «world wide web», la popular red de Internet, que surgió como un medio de intercambio de datos con otros laboratorios sobre los resultados de sus experimentos. Ahora el CERN trabaja en la llamada «Grid», una red que conecta a ordenadores de todo el mundo. Se estima que es la única forma de analizar la ingente cantidad de datos que proporcionará el LHC cuando funcione a pleno rendimiento.

España, como miembro del CERN, contribuye económicamente a su mantenimiento y es el quinto país que más invierte en sus proyectos de investigación. Pero en la construcción del LHC, además de los científicos españoles destacados en el CERN, también han intervenido varias instituciones y empresas españolas.

Por ejemplo, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) han estado implicados en este proyecto, junto a muchas otras entidades científicas e investigadores de un centenar de nacionalidades. El Instituto de Física

Corpuscular (IFIC) ha fabricado algunas de las piezas del detector ATLAS. La Universidad de Barcelona y la Ramón Llull se han encargado de diseñar, producir, caracterizar y probar electrónicamente los fotodetectores del detector LHCb. El CIEMAT ha diseñado parte de las cámaras de muones del detector CMS, y también se ocupa del sistema de computación para el detector Alice. La Universidad de Santiago de Compostela colabora en el sistema de refrigeración y el ensamblaje de los módulos de silicio de este detector.

**PAULA B. IBÁÑEZ
A. CANTORNÉ**



Viñeta de Ricardo, en el Mundo, sobre la polémica generada en torno al LHC.

El currículo de Ciencias para el mundo contemporáneo

«Hoy más que nunca es necesario fomentar y difundir la alfabetización científica en todas las culturas y todos los sectores de la sociedad, así como las capacidades de razonamiento y las competencias prácticas y una apreciación de los principios éticos, a fin de mejorar la participación de los ciudadanos en la adopción de decisiones relativas a la aplicación de los nuevos conocimientos.»

Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI (UNESCO-ICSU)

La Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE) incluye Ciencias para el mundo contemporáneo (CCMC) entre las materias comunes a las tres modalidades del Bachillerato: Artes, Ciencias y Tecnología, Humanidades y Ciencias Sociales. La inclusión de esta materia, con el carácter obligatorio y generalizado que ha dispuesto la LOE, supone un notable avance para la incorporación de la cultura científica a la formación ciudadana y constituye una excelente oportunidad para incorporar la ciencia a la cultura.

La nueva asignatura de Ciencias para el mundo contemporáneo (CCMC) trata de responder a las necesidades de formación básica que debería tener un estudiante al finalizar el bachillerato, tanto si cursa una modalidad de ciencias, de humanidades o de artes. El currículo de CCMC señala tres grandes finalidades para esta materia:

«Conocer algunos aspectos de los temas científicos actuales objeto de debate con sus implicaciones pluridisciplinares y ser consciente de las controversias que suscitan.

– Familiarizarse con algunos aspectos de la naturaleza de la ciencia y el uso de los procedimientos más comunes que se utilizan para abordar su conocimiento.

– Adquirir actitudes de curiosidad, antidogmatismo, tolerancia y tendencia a fundamentar las afirmaciones y las refutaciones.»

¿Qué contenidos plantea la LOE para esta nueva asignatura? En el anexo I del

Real Decreto 1467/2007, que fija las enseñanzas mínimas de bachillerato, se encuentran las correspondientes a la asignatura *Ciencias para el mundo contemporáneo*. La lectura de este documento muestra varias ideas clave que configuran esta materia:

1ª. Ciencia para todos. Cualquier ciudadano se encuentra inmerso en un entorno científico-técnico en el que usa continuamente aplicaciones tecnológicas, muchas de ellas, como la telefonía móvil o los ordenadores personales, con un grado de complejidad muy alto. Estas aplicaciones «se han integrado en la vida de los ciudadanos, quienes las utilizan sin cuestionar, en muchos casos, su base científica, la incidencia en su vida personal o los cambios sociales o medioambientales que se derivan de ellas» (preámbulo).

Además, los ciudadanos de las sociedades democráticas participan, directa o indirectamente, en los debates y en las decisiones colectivas sobre cuestiones con base científica que tienen una gran trascendencia social, como el uso de las distintas fuentes de energía, el desarrollo de la revolución genética o el empleo de nuevos materiales. «Los medios de comunicación presentan de forma casi inmediata los debates científicos y tecnológicos sobre temas actuales» (preámbulo). La educación debe favorecer que todas las personas usen los avances científicos y tecnológicos de modo reflexivo y crítico y que participen en los grandes debates sociales con una formación científica básica: «El reto para una sociedad democrática es que la ciudadanía tenga conocimientos suficientes para tomar decisio-

nes reflexivas y fundamentadas sobre temas científico-técnicos de incuestionable trascendencia social y poder participar democráticamente en la sociedad para avanzar hacia un futuro sostenible para la humanidad» (preámbulo). Se trata, en definitiva, de reconocer la ciencia como parte de la cultura general.

Por ello, la asignatura se establece como común para todos los estudiantes de bachillerato, superando la situación de las últimas décadas en las que los jóvenes bachilleres podían alcanzar el título sin haber cursado ninguna materia de carácter científico durante sus estudios en esta etapa educativa.

2ª. Aplicabilidad de los conocimientos científicos. La formación científica básica de cualquier persona no se manifiesta por los conocimientos científicos que posee sino por la capacidad de aplicarlos en situaciones reales de la vida cotidiana para resolver problemas, valorar afirmaciones y tomar decisiones. Cualquier miembro de una sociedad moderna debería ser capaz de identificar las cuestiones que la ciencia puede abordar, de juzgar la validez de una prueba, de explicar fenómenos naturales desde la perspectiva científica y de valorar las pruebas a favor o en contra de cuestiones que tengan incidencia en su vida personal o comunitaria.

3ª. Familiarización con diversos aspectos del trabajo científico. La formación científica básica incluye también la aproximación a «algunos aspectos de la naturaleza de la ciencia y el uso de los procedimientos más comunes que

se utilizan para abordar su conocimiento» (preámbulo) y la adquisición de algunas actitudes relacionadas con la ciencia y la tecnología, como la curiosidad, el antidogmatismo, la tolerancia y la «tendencia a fundamentar las afirmaciones y las refutaciones» (preámbulo), «que son útiles para el avance personal, las relaciones interpersonales y la inserción social» (objetivo 6).

Coherentemente con este enfoque, el primer bloque de contenidos (*Contenidos comunes*) versa sobre conocimientos acerca de la propia ciencia: distinción entre las cuestiones que se pueden abordar desde la ciencia y las que no, búsqueda de información pertinente, aplicación de los conocimientos científicos a situaciones concretas, reconocimiento del papel de la ciencia y la tecnología en la comprensión del mundo natural y en la mejora de vida de las personas, y reconocimiento de las limitaciones y errores de la ciencia y de su dependencia del contexto social.

4ª. Selección de contenidos con relevancia para la vida personal y social. La materia de *Ciencias para el mundo contemporáneo* pretende contribuir a la formación científica básica de todos los estudiantes de bachillerato con el objeto de formar personas capaces de adoptar procedimientos y actitudes propios de la ciencia en su vida cotidiana. Por ello se ha optado por incluir aquellos contenidos que tienen una gran «incidencia en las condiciones de vida personal y global y que son objeto de controversia y debate público» (objetivo 1), como el origen del universo y

de la vida, la salud como resultado de factores ambientales y responsabilidad personal, los avances de la genética, la necesidad de caminar hacia la sostenibilidad del planeta, el uso de las fuentes de energía, los nuevos materiales y la información y la comunicación (preámbulo).

Además del bloque de contenidos comunes, las enseñanzas mínimas de la materia incluyen cinco bloques de contenidos específicos:

- *Nuestro lugar en el Universo.* Incluye temas como el origen del Universo, la formación de la Tierra, el origen de la vida, el evolucionismo y los cambios genéticos condicionantes de la especificidad humana.
- *Vivir más, vivir mejor.* Aborda temas de gran interés personal y social en la actualidad, como los estilos de vida saludables, el uso racional de los medicamentos, los trasplantes, la revolución genética, el genoma humano, la ingeniería genética, la clonación, las células madre y la bioética.
- *Hacia una gestión sostenible del planeta.* En este bloque se incluye temas relacionados con el futuro sostenible que son prioritarios entre los intereses de los ciudadanos: el agua como recurso limitado, la desertización, la pérdida de biodiversidad, el cambio climático, las catástrofes naturales y las fuentes de energía.
- *Nuevas necesidades, nuevos materiales.* Incluye temas como el con-

trol de los recursos, el papel y el problema de la deforestación, el agotamiento de materiales, la producción de nuevos materiales y la nanotecnología.

- *La aldea global.* Es un bloque de contenidos propio de una sociedad del conocimiento y que incluye aspectos como el tratamiento de la información, internet, la transmisión de la información, la protección de datos y la revolución tecnológica de la comunicación (ondas, fibra óptica, satélites, telefonía móvil, ADSL, GPS, etc.).

Es, probablemente, un programa demasiado extenso y, quizá, las finalidades básicas que propone esta materia puedan trabajarse mejor si se opta por tratar una selección suficientemente representativa de las cuestiones que en él se relacionan.

5ª. El enfoque metodológico.

«...el enfoque debe huir de una ciencia academicista y formalista, apostando por una ciencia no exenta de rigor. Pero que tenga en cuenta los contextos sociales y el modo en que los problemas afectan a las personas de forma global y local» (preámbulo). Por ello, los criterios de evaluación de la materia incluyen la realización de pequeñas investigaciones, el análisis de las aportaciones de la ciencia y de la tecnología, la valoración de los principales problemas sociales de origen científico o tecnológico, y la utilización de las tecnologías de la información y la comunicación

JULIO PUENTE AZCUTIA
Inspector de educación

18.600 IMÁGENES FIJAS CON 584 GUÍAS DIDÁCTICAS PARA TODOS LOS NIVELES EDUCATIVOS

CARTOGRAFÍA: 146 MAPAS DE ESPAÑA Y EL MUNDO EN FORMATO DIGITAL (CD-Rom)

EN INTERNET PODRÁ VER LAS IMÁGENES DE CADA TEMA CON SUS TÍTULOS

www.hiares.es

AHORA DISPONIBLES EN: CD-Rom , DVD y DIAPOSITIVAS

Aproximaciones didácticas para CCMC

La Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología y la Secretaría General de Educación, a través del Instituto Superior de Formación del Profesorado del MEC, decidieron contribuir a la implantación de Ciencias para el mundo contemporáneo (CCMC) formando un grupo de trabajo, compuesto por profesores que desde ámbitos distintos están relacionados con la nueva materia. Dicho grupo se orientó hacia la confección de algunas unidades temáticas, sin un patrón exclusivo para su elaboración, que permitiera poner a disposición del profesorado algunos contenidos prácticos de CCMC. El resultado es la publicación «Ciencias para el mundo contemporáneo. Aproximaciones didácticas», un material útil para el profesorado, que incluye información, conocimientos y propuestas didácticas para el aula.

La ciencia y la tecnología influyen de manera determinante en la sociedad desde hace más de 500 años. Han redefinido no solo procesos técnicos o tecnológicos, sino también sistemas económicos y estructuras sociales, y han formado nuestra experiencia del mundo. Pero, sobre todo desde la Segunda Guerra Mundial, la sociedad habla a la ciencia, la interroga, le exige respuestas y soluciones. Hoy en día la ciencia y la tecnología son tan importantes para el estado del bienestar que la producción de conocimiento se ha convertido en una actividad social altamente distribuida y radicalmente reflexiva. Es decir, el conocimiento está cada vez más socializado y contextualizado, lo que, a su vez, provoca cambios en la constitución de la ciencia y en las prácticas investigadoras.

El nuevo modo de producción del conocimiento afecta a qué conocimiento se produce y cómo, el contexto en que se prosigue, su forma de organización, el sistema de recompensas que usa y los mecanismos que controlan su calidad. Si antes los problemas solo se planteaban dentro de la estructura disciplinar, ahora se hace fundamentalmente en el contexto de aplicación, que exige cada vez más estructuras transdisciplinarias (de hecho, constantemente surgen nuevas disciplinas). Si antes había homogeneidad de intereses, instituciones (principalmente universidades) y actividades, ahora los intereses son heterogéneos. Si antes la estructura era jerárquica y autoritaria, ahora es más abierta, heterogénea y transitoria, con mayor interacción entre múltiples actores, con mayor responsa-

bilidad, que ahora es social, frente a la responsabilidad individual de la ciencia académica. La participación de actores/agentes diferentes de los propios científicos en esta nueva forma de producción de conocimiento es evidente, por lo que resulta necesario eliminar las representaciones monolíticas de “ciencia” y de “público” o “ciudadano” y dar paso a la comprensión de las ciencias y de los diversos grupos de público. En este contexto, la educación científica y tecnológica de y para todos los ciudadanos y ciudadanas cobra una relevancia fundamental.

Las ciencias y las tecnologías están hoy en el corazón de los debates sobre el porvenir de nuestras sociedades, pues condicionan el desarrollo industrial, modifican las formas de trabajar, transforman los saberes y la cultura, subvierten lo cotidiano, redefinen la concepción del derecho y remueven las cuestiones éticas fundamentales. Los conocimientos producidos modifican nuestra concepción del mundo y del ser humano: contribuyen tanto a la transformación de las relaciones con lo real como a la relación con los demás. Las aplicaciones y consecuencias de estos conocimientos revolucionan nuestro entorno y condicionan su futuro, tanto en la esfera pública como en la privada. Por tanto, la complejidad creciente de las sociedades contemporáneas exige de sus miembros una comprensión de los retos a los que se enfrenta. Y es la capacidad de aprehender el contenido y el alcance de las elecciones de la sociedad lo que hace de cada uno un agente activo o pasivo, lúcido o ciego

de una evolución de la cual, conscientemente o no, participa y contribuye.

Complementariamente a estas circunstancias que enmarcan la ciencia en la sociedad y ponen de manifiesto la reciprocidad con que se benefician y desarrollan, es necesario reflexionar sobre la propia naturaleza de la ciencia, que es también cometido de la nueva materia, para no dejarla reducida a la concepción tópica de la ciencia como simplemente el resultado de la aplicación del llamado «método científico» para el descubrimiento de verdades incontrovertibles, concentrado en una relación de recetas que si bien tienen un indudable valor pedagógico y estructural del proceso de indagación, no siempre están relacionadas de manera determinante con los auténticos procesos creativos en la generación de conocimientos científicos. Como señala Alberto Galindo, presidente de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, en sus reflexiones sobre «Los límites de la ciencia» (Eidón, nº 26, 2008, 6-10):

«La ciencia natural es una empresa colectiva de creación de conocimiento basado en el método experimental, que se distingue por su carácter acumulativo, su universalidad, su reproducibilidad y su capacidad de generar progreso. Unas pocas generaciones, de entre miles son responsables de haber hecho posible, mediante la ciencia, una nueva sociedad. Definir como objetivo de la ciencia el entender este mundo que nos rodea sería, más que pretencioso, erróneo... La ciencia no sabe qué es la verdad. En la ciencia natural no hay

certezas. El fin de la ciencia es simplemente meterse el mundo en la cabeza... Es lo que podríamos llamar un proceso de comprensión algorítmica, para el que las matemáticas son herramienta fundamental. La búsqueda científica no es tanto para desvelar lo que la naturaleza oculta con tanto celo, como para crear ex novo conceptos, conexiones, otros modos de imaginar las cosas. La facultad creativa ha sido esencial para el progreso científico.»

Es preciso que la población adquiera una sensibilidad y predisposición hacia la ciencia en sí, hacia los productos de la ciencia, hacia la terminología y los conceptos con que se expresan los contenidos científicos, como un recurso para erradicar el analfabetismo científico, como en su día se hiciera respecto al analfabetismo instrumental; que entiendan la ciencia como lo que es, lo que pretende y los límites que la condicionan.

Las actuaciones tienen, pues, que ir encaminadas a una educación que permita el enriquecimiento intelectual y ético, pues muchas cuestiones «generales», aparentemente «abstractas» o alejadas de la población afectan muy directamente a las personas. En efecto, la ciencia y la tecnología y sus avances afectan la vida cotidiana y hay que tener suficientes conocimientos para comprender esa ciencia y esa tecnología. Diariamente nos enfrentamos con temas públicos cuya discusión (y toma de decisiones que a veces atañen incluso a la vida privada, como la superpoblación, la inmigración, el consumo de gasolina o el uso de transporte público, etc.) exige ciertos conocimientos científicos básicos. Y no nos vale acudir al consejo de los expertos, porque cuando hay un tema controvertido, siempre hay expertos en ambos lados. Debemos ser capaces de entender de dónde proceden nuestra ciencia y nuestras tecnologías, en qué consisten, a qué intereses sirven (explícitos o no), quién tiene acceso a ellas, quién tiene el poder que configuran, a quién benefician y qué consecuencias y cambios producen.

Hay que ser capaz de situar los nuevos conocimientos en un contexto tal (es decir, respondiendo a las preguntas anteriores) que se pueda dar un debate generalizado acerca de ellos y tomar parte en él, tomar decisiones o hacer que se tomen. En una sociedad cada vez más regida por procesos científicos y tecnológicos los ciudadanos y ciudadanas sólo

podrán participar de manera inteligente en la dirección de esa sociedad de esa manera. Sólo así se puede sostener el compromiso de un país con la participación igualitaria informada en los asuntos públicos. Como decía Theodore Roszak, no es posible reconocer que lo que mueve el mundo y media en todo conocimiento confiable de la realidad está fuera del alcance de nuestra comprensión y, por consiguiente, de nuestro control, a la vez que se pretenden ejercer los derechos ciudadanos en una democracia.

CCMC es una magnífica plataforma para educar a buenos ciudadanos y ciudadanas, plena y cabalmente capacitados para tomar decisiones racionales, teniendo en cuenta que además de los valores epistémicos que caracterizan los avances científicos, hay que tener en cuenta otros que son cruciales, como los valores tecnológicos, empresariales, militares, jurídicos, políticos, sociales, ecológicos, éticos y religiosos. No se debería pasar por el recorrido formativo escolar, obligatorio y postobligatorio, sin adquirir un mínimo de criterios, si queremos educar este tipo de ciudadanos.

El ya lejano informe Delors, publicado por la UNESCO en 1998, resumía las dimensiones de la educación en tres ámbitos: el ético y cultural, el científico y tecnológico y el económico y social. Desde CCMC se pueden aportar contenidos formativos a todos ellos, considerados esenciales para la ciudadanía crítica, democrática y responsable. Para la ciudadanía que necesariamente está llamada a participar en acciones y toma de decisiones trascendentes para el desarrollo de la comunidad inmediata o global.

Esta materia, común para todo el alumnado, debe contribuir a dar respuesta adecuada a este reto, por lo que es



La publicación de FECSYT y el ISFP recoge aportaciones de José Mariano Bernal, Juan Fernández, Juan Luis García, Daniel Gil, Emilio Pedrinaci, Antonio Ángel Pérez, Amparo Vilches y Jesús Zamora. (Se puede descargar gratuitamente en www.fecyt.es)

fundamental que la aproximación a la misma sea funcional y trate de responder a interrogantes sobre temas de índole científica y tecnológica con gran incidencia social. No se puede limitar a suministrar respuestas, por el contrario ha de aportar los medios de búsqueda y selección de información relevante e irrelevante, de existencia o no de evidencia científica, etc. En definitiva, deberá ofrecer a los estudiantes la posibilidad de aprender a aprender, lo que les será de gran utilidad para su futuro en una sociedad sometida a grandes cambios, fruto de las revoluciones científico-tecnológicas y de la transformación de los modos de vida, marcada por intereses y valores particulares a corto plazo, que están provocando grandes problemas ambientales y a cuyo tratamiento y resolución pueden contribuir la ciencia y la tecnología.

ANTONIO MORENO

Instituto Superior de Formación del Profesorado (ISFP)

EULALIA PÉREZ SEDEÑO

Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECSYT)

Molinos en la mar

La UE sigue buscando fórmulas innovadoras que le ayuden a cumplir el ambicioso objetivo de consumir un 20% de energías renovables para 2020. Una de las opciones que empieza a cobrar especial interés, tras varios años en segundo plano, es la energía eólica marina.

Si quiere enfrentarse a los gigantes de aspas que se nos avecinan, mucho más grandes y poderosos que los que han ido poblando nuestras tierras, Don Quijote deberá aparcar a Rocinante y cabalgar sobre las olas, porque estos nuevos y desaforados monstruos estarán asentados sobre el mar. Eolo, el dios heleno de los vientos, y Poseidón, su colega de los océanos, han hecho un pacto para conseguir impulsar la energía eólica más allá del suelo firme, allá donde los vientos son más impetuosos y regulares, lo que garantiza más generación y menos intermitencia. La empresa, cuyos frutos no se verán hasta el año 2012, está aún plagada de dificultades, pero sus promotores confían en que todo vaya viento en popa.

Aunque las energías renovables están en boca de todos desde hace decenios, su papel, salvo en el caso de la hidroelectricidad, sigue siendo testimonial. La excepción que en los últimos años siempre se cita es la eólica, que no deja de ganar preponderancia de forma sostenida. La potencia instalada alcanzaba a principios de año 15100 MW (megavatios), y los molinos han contribuido con un 10 por 100 del total de energía eléctrica consumida el año pasado en nuestro país. El crecimiento es espectacular y no cede en su empuje. Claro está que ya no se consiguen avances tan llamativos como los de hace un decenio, cuando cada año se duplicaban las cifras, pero es que entonces la cosa estaba en sus albores; pero sigue siendo sorprendente que de esos 15100 MW, 3500 se hayan puesto en marcha durante el año pasado, lo que supone un 30 por 100 de crecimiento.

Y aunque obviamente la mayor parte de las mejores zonas ya han sido ocupadas, a la eólica le falta aún por explorar un ámbito peliagudo pero inmensamente prometedor: la instalación de molinos en el mar, donde los vientos son más fuertes y persistentes. Se viene hablando de ello desde hace años, pero ahora la

eólica marina ha cobrado fuerza, una vez publicado, en agosto del año pasado, un Decreto del Gobierno que regula el proceso a seguir para su instalación.

La iniciativa tiene el apoyo de los empresarios, a pesar de las dificultades que aún deberán vencer, y de los ecologistas. «Teniendo en cuenta que la energía eólica es de las más limpias y que genera menos impactos ambientales, tenemos una posición favorable. Pero el nivel de información que tenemos sobre esos impactos es menor que en tierra, habrá que ir analizando cada proyecto de forma independiente para valorarlo», dice Theo Oberhuber, coordinador general de Ecologistas en Acción.

Ahora, tras un periodo de alegaciones públicas, los ministerios de Industria, Energía y Comercio y el de Medio Ambiente, han definido 55 áreas eólicas marinas, definidas por sus coordenadas geográficas (latitud y longitud). Cada una de estas áreas ocupa una enorme extensión de mar y deberán cumplir una serie de requisitos ambientales. Los informes de caracterización de cada una, recopilación de los que efectúen los ministerios citados más el de Agricultura, Pesca y Alimentación, deberán tener en cuenta aspectos que incluyen efectos sobre la actividad pesquera, sobre la flora y fauna, sobre la navegación, sobre la dinámica litoral y las playas, sobre explotación de otros recursos, sobre zonas protegidas...

Una vez superadas las duras pruebas de impacto, cada zona se someterá a subasta para su adjudicación. El objeto de la subasta será la prima que el promotor esté dispuesto a aceptar. Hay un tipo máximo de ocho céntimos el kilowatiohora (kWh) producido (que se sumarán al precio de mercado) y las empresas pujarán para quedarse con ella. «Estamos en el límite mismo de la rentabilidad –se queja Alberto Ceña, director técnico de la Asociación Empresarial Eólica (AEE)–. Hay que tener en cuenta que el coste de la inversión va a ser muy elevado, en tor-

no a los 2.400.000 euros cada MW instalado».

Y es que todo cambia: molinos más grandes y pesados, que deberán transportarse allí y anclarlos al fondo, y luego hay que transportar la electricidad producida a tierra. «El diseño tiene que ser completamente diferente –dice Jesús Gimeno, técnico de AEE–, porque el viento es diferente y las condiciones en general mucho más complicadas».

Existe experiencia en países del norte de Europa, principalmente Dinamarca, Reino Unido y Alemania, pero son de difícil aplicación en nuestro país. «En esos países existe una plataforma continental muy grande y poco profunda, y a 15 kilómetros de la costa la profundidad no suele ser superior a 15 metros, pero en España el suelo enseguida se sumerge por debajo de 30 metros», explica Gimeno.

A poca profundidad, basta con un pilote para sustentar con garantías el molino, pero a más de 30 metros las tecnologías disponibles no sirven. Probablemente se necesiten estructuras de tres pilotes, y hay varias empresas españolas ya trabajando en resolver el problema. Está por supuesto la experiencia en plataformas petrolíferas, muchas de las cuales superan los 100 y hasta los 150 metros de profundidad (el récord lo ostenta la Troll Condeep, que alcanza 305 metros), pero el coste es disparatado y solo tiene sentido económico para explotar un yacimiento petrolífero grande, no para instalar un molino eólico.

Luego están los materiales a utilizar, que deben estar debidamente protegidos contra la corrosión que producen el agua salada y el aire cargado de humedad marina. Por falta de previsión en este aspecto, en Estados Unidos tuvieron que desmontar los molinos de un emplazamiento y llevárselos. Y además de salada, el agua marina está en permanente movimiento: olas, corrientes, mareas... y a veces ese movimiento lleva una fuerza descomunal.

Las máquinas, además, serán mucho más grandes que las que se emplean en tierra; aparatos capaces de generar 5 o 6 MW, cuya envergadura alcanza ya los 120 metros, más alto que un rascacielos de 40 pisos. Es la mejor manera de rentabilizar la inversión, pero también supone desafíos nuevos. Las plantas de construcción, por ejemplo, deberán estar ubicadas en la costa, porque palas de semejante tamaño no se pueden transportar por carretera.

Las ventajas tampoco son desdeñables. En medio del mar el viento sopla más fuerte y de forma mucho más regular, de manera que se genera más electricidad y durante más tiempo. Según Cerna, en eólica terrestre el porcentaje de tiempo de generación está en torno al 25 por 100, y en los parques marinos estará por encima del 30. Además, tiene un potencial mucho más elevado, ya que la superficie ocupable es mucho mayor y los regímenes de viento son más uniformes, no existen limitaciones de transporte (si bien hay que llevar la electricidad generada a tierra, no requiere nuevos tendidos de líneas), pueden situarse en las cercanías de zonas de elevado consumo que actualmente carecen de plantas de generación, como la costa mediterránea, y su impacto ambiental es menor que en tierra.

Impacto menor pero no nulo. «Todos estos proyectos tienen un impacto visual y conllevan riesgos –dice Oberhuber–, pero dependerá de cada zona y de las características técnicas del emplazamiento». Greenpeace, por su parte, elaboró un borrador de guía metodológica para los estudios de impacto ambiental de los parques marinos en 2006, ante los proyectos de decreto que se estaban barajando entonces, haciendo especial hincapié en la densidad de molinos en las zonas donde se instalen.

Uno de los proyectos más avanzados es el de Trafalgar, en Cádiz, donde la profundidad de las aguas es adecuada para aprovechar la experiencia noreuropea. Allí, la empresa Acciona pretende colocar 273 aerogeneradores de 3,6 MW (unos mil MW en total, potencia semejante a la de una central nuclear), a una distancia mínima de 10 km de la costa.

Este es un primer paso en un camino que pretende ir ganado terreno, metafóricamente, al mar, que debería estar terminado entre 2010 y 2012. Otras ini-

ciativas, las que consigan hacerse con las correspondientes zonas en las subastas, dispondrán de un periodo de dos años para desarrollar los proyectos. En esta primera etapa se cubrirán áreas situadas a menos de 30 km de la costa, con profundidades inferiores a los 30 metros. Luego, a medida que la investigación vaya solucionando los problemas que plantea la ocupación de territorios de mayor profundidad, los molinos se irán expandiendo más allá, para llegar a situarse a más de 40 km de la costa y a profundidades de hasta 100 metros. Quizás por entonces, estén ya disponibles los aerogeneradores de 8 MW, cuya envergadura alcanzará los 160 metros.

De momento, además del proyecto Trafalgar, existen, según datos recogidos por el Centro Nacional de Energías Renovables (Cener, en Navarra) 18 proyectos más, 12 de los cuales los desarrolla la empresa Gamesa, ubicados en las costas de Cádiz, Huelva, Castellón, Delta del Ebro y Galicia, en distinto grado de desarrollo. En total suponen unos 2800 MW de potencia instalada.

Una nueva fuente de energía pide paso y más vale dárselo: tiene el viento a favor.

IGNACIO F. BAYO

Divulga



El parque eólico marino de Horns Rev, a 20 km de las costas de Dinamarca, está formado por 80 aerogeneradores que se elevan a 110 m de altura.

Aniversario de la teoría que destronó al hombre como «rey de la creación»

El pasado mes de julio se cumplieron 150 años de la presentación de la teoría del origen de las especies, de Darwin y Wallace, que sacudiría los cimientos de la ortodoxia científica, religiosa y social, y abriría un intenso debate que aún no está completamente superado.

Un primero de julio de 1858, hace 150 años, dos amigos de Darwin, Charles Lyell y Joseph Hooker presentaron ante los miembros de la Sociedad Linneana de Londres una ponencia titulada «Sobre la tendencia de las especies a crear variedades», que habían desarrollado los británicos Charles Darwin y Alfred Russell Wallace. Se trataba nada más y nada menos que de la revolucionaria teoría del origen de las especies, que impactaba en el núcleo de los paradigmas más asentados sobre el origen de la vida y hacía descender al ser humano del trono de la creación, que siempre había ocupado. Los autores de la polémica teoría no habían podido asistir a la presentación, porque Wallace estaba en las islas de Malasia recogiendo especímenes y Darwin había perdido a un hijo por la escarlatina cuatro días antes.

La idea de que las especies tienen un origen común era algo que rompía radicalmente con la ortodoxia científica y religiosa del momento, y los científicos reunidos en la casa Burlington, de Picadilly, no tomaron en serio esta propuesta descabellada, «profundamente materialista y antiteológica», en palabras de Juan Moreno, profesor de investigación del CSIC en el departamento de Ecología Evolutiva del Museo Nacional de Ciencias Naturales, en declaraciones a Efe. Así que esta presentación pasó desapercibida ante la comunidad científica. Prácticamente nadie se enteró y, según Moreno, esa primera toma de contacto «tuvo una difusión tan escasa como casi todas las publicaciones científicas actuales».

Charles Darwin llevaba más de dos décadas elaborando esa teoría. Tras su largo viaje en el Beagle, se había retirado a Wegwood, donde se reencontró, en 1837, con su prima Emma Darwin, con la que se casaría dos años después y tendría diez hijos. Algunos historiadores creen que el gran retraso en la publicación de la teoría se justifica por el miedo de herir a Emma, que era muy religiosa, aunque la mayoría opina que se debió a la cautela científica de Darwin, convencido de que la concreción de una teoría tan revolucionaria exigía viajar a muchos lugares y acumular datos. De hecho, el libro «El origen de las especies», que Darwin publicó un año después, en 1859, estaba lleno de datos y de argumentos, con la intención de adelantarse a sus críticos.

Lo que precipitó la comunicación a la Sociedad Linneana fue que su colega Wallace había llegado a conclusiones

muy similares en Malasia, y decidió enviar a Darwin sus ideas sobre el origen de las especies para que valorara su posible publicación en alguna revista científica. Darwin se sorprendió de la extraordinaria coincidencia con sus planteamientos y, según Moreno, acordaron publicarlo conjuntamente para que Wallace no tuviera la prioridad. «Al enterarse de que Darwin llevaba veinte años investigando, a Wallace le pareció una solución que no era en absoluto mala para él.» Además, era consciente que dado su origen humilde –Wallace era hijo de un carpintero– no tendría muchas posibilidades de convencer al mundo si no se aliaba con Darwin, mucho más influyente. En cualquier caso, Moreno asegura que «el mito de que se le robó la prioridad a Wallace es absolutamente falso».

Un año después, en noviembre de 1859, Darwin publicó finalmente «El origen de las especies», que se agotó en su primer día de venta al público.

EL FLUCTUANTE TEÍSMO DE DARWIN

Darwin había recibido formación religiosa y en sus escritos explica que cuando embarcó en el Beagle, en 1831, creía «firmemente en la existencia de Dios y en la inmortalidad del alma.» Sin embargo, estas creencias se debilitaron progresivamente, a medida que profundizaba en sus investigaciones. El cruel mecanismo de la selección natural y la difícil aceptación del sufrimiento, una tragedia que no distinguía entre animales y humanos, despertó en Darwin un fuerte escepticismo y alimentó la convicción de



Charles Darwin (1809-1882)

que humanos y animales venían de un tronco común.

«Algunos han tratado de explicar el sufrimiento, con relación al hombre, imaginando que ello sirve para su perfeccionamiento moral. Pero la cantidad de seres humanos que hay en el mundo no es nada en comparación con la de los demás seres sensibles, y éstos sufren a menudo muchísimo, y sin ningún perfeccionamiento moral. (...) Como ya he apuntado, la presencia de tanto sufrimiento concuerda bien con la teoría de que todos los seres orgánicos se han desarrollado por medio de la variación y de la selección natural.»

De modo que las creencias iniciales de Darwin evolucionaron hacia un agnosticismo creciente, como ponen de manifiesto sus escritos, recientemente digitalizados y accesibles a través de Internet (<http://darwin-online.org.uk>) que reflejan fielmente sus incertidumbres religiosas:

«Recuerdo bien mi convicción de que en el hombre había algo más que el mero aliento de su cuerpo, pero ahora las escenas más grandiosas no serían capaces de hacer nacer en mí mente semejantes convicciones y sensaciones. Podría decirse acertadamente que soy como una persona que se ha vuelto daltónica, y la creencia universal en la existencia del color rojo hace que mi actual pérdida de percepción carezca de todo valor como testimonio. (...) Otra fuente de convicción de la existencia de Dios, relacionada con la razón y no con los sentimientos, me parece de mucho más peso. Es la que se deduce de la extrema dificultad, o más bien la imposibilidad de concebir este inmenso y maravilloso universo, incluyendo al hombre con su capacidad de reflexionar sobre el pasado y el futuro, como un resultado del ciego azar o la necesidad.

Cuando pienso en esto, me veo obligado a acudir a una primera causa, dotada de una mente inteligente, en cierto grado análoga a la del hombre, y merezco ser considerado teísta. Que yo recuerde, esta conclusión era muy firme en mí por el tiempo en que escribía El origen de las especies y desde entonces es cuando se ha ido debilitando poco a poco, con numerosas fluctuaciones. Pero entonces surge la duda: ¿Puede darse crédito a la mente huma-

na, que se ha ido desarrollando, según estoy convencido, a partir de una mente tan baja como la que poseen los animales inferiores? ¿No podrán ser éstas el resultado de la relación entre causa y efecto, que aunque a nosotros nos parece necesaria, probablemente depende sólo de la experiencia heredada?»

EL DEBATE SIGUE ABIERTO, SIGLO Y MEDIO DESPUÉS

Hace unas pocas semanas, la Iglesia anglicana publicó una nota pidiendo disculpas por su enconada oposición a Darwin. En la declaración, redactada por el director de misión y asuntos públicos de la Iglesia de Inglaterra, se admite que los anglicanos se dejaron llevar por «un fervor antievolucionista» y que actuaron de una manera «demasiado emocional y a la defensiva» cuando Darwin expuso las ideas que romperían con la creación del mundo tal como está expuesta en el Génesis, y que luego completó en su obra El Origen del Hombre (1871), en la que defendió que el ser humano desciende de un antepasado común con los simios.

La declaración añade que «no existe nada en las teorías de Darwin que contradiga las enseñanzas del cristianismo», pero no son de la misma opinión los defensores del creacionismo, un movimiento bastante arraigado en algunos países que justifica la evolución mediante la intervención de un ser inteligente. Pero no es exclusivo de los ámbitos de baja cultura científica. Hace muy pocas semanas, Michael Reiss, director de educación de la Royal Society, a la que en su día perteneció Charles Darwin, sorprendió a los profesores asistentes al Festival de la Ciencia de Liverpool con una invitación a explicar el creacionismo en sus clases y a presentarlo junto a la teoría de la evolución como una visión del mundo alternativa, no aceptada por la comunidad científica, pero no como una teoría errónea.

En su intervención, Reiss sostuvo que él mismo había explicado el evolucionismo en las aulas hasta que comprendió que la teoría de la evolución y la selección natural no funcionaba con deter-

minados alumnos y acababa por producir en ellos un alejamiento de la ciencia. Como era de esperar, sus palabras fueron fuertemente contestadas. John Fry, físico de la Universidad de Liverpool, argumentó que las clases de ciencia «no son el lugar más apropiado para discutir el creacionismo, que es una teoría sobre el mundo que se opone a cualquier demostración científica», y añadió que «el creacionismo no desafía intelectualmente a la ciencia, sino que la niega sin más».

Los sindicatos docentes rechazaron también la propuesta de incluir el creacionismo en las clases de ciencias, porque introduce en el ámbito científico un sistema de creencias que pertenece al ámbito de la fe. En la misma línea, las directrices educativas fijadas por el Gobierno británico establecen que si los alumnos suscitan el tema en clase de ciencias, los profesores deberían explicar en qué difiere el creacionismo de la teoría de la evolución y aclarar que no es una teoría científica, sino que se enmarca más bien en el campo de lo religioso y de las creencias personales.

A. CANTORNÉ



Árbol de la evolución, de su cuaderno *Transmutación de las especies* (1837).

La cara oculta de la química

La Unión Europea se propone conocer los efectos reales sobre la salud y el medio ambiente de 30.000 sustancias químicas.

Tras poco más de dos siglos de química, la humanidad ha logrado sintetizar 14 millones de moléculas, la mayor parte de ellas inexistentes en la naturaleza. Muchas han contribuido sustancialmente al bienestar que disfrutamos en la actualidad, pero también tienen su lado oscuro, sus posibles efectos perjudiciales sobre la salud y el medio ambiente. De algunas sustancias hay ya suficientes indicios de estos efectos, de otras muchas se alimenta la sospecha y se esparcen miedos, con o sin fundamento. Para desvelar la realidad entró en vigor el pasado junio el Reglamento de Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de Sustancias Químicas (más conocido como Reach), por el que la Unión Europea pretende conocer los efectos reales de las sustancias químicas más utilizadas. Tras la entrada en vigor de ese Reglamento se abre un periodo de once años en el que deberán determinarse con precisión los efectos, tanto directos como a largo plazo, de las 30.000 sustancias de las que se produce más de una tonelada al año en el conjunto de los países de la

Unión Europea, a las que habrá que añadir otras que vayan surgiendo.

La información acumulada sobre sus efectos es escasa y ha dado pie a interpretaciones dispares, sesgadas y contradictorias entre los ecologistas y la industria química. Lo que Reach pretende es precisamente que frente al alarmismo de unos y el optimismo de otros se alcen las cifras contrastadas y se tomen las medidas adecuadas a partir del conocimiento, no del miedo o del interés.

Sara del Río Paredes, responsable de la Campaña de Tóxicos de Greenpeace España, opina que «Reach ha puesto los cimientos de una industria química segura, exigiéndole información sobre los efectos de las sustancias en la salud y el medio ambiente. El futuro químico en el mundo dependerá de las indudables repercusiones de Reach y de su evolución hacia un sistema precautorio total».

Para Arturo Gonzalo Aizpiri, secretario general de Prevención de la Contaminación y el Cambio Climático (Ministerio

de Medio Ambiente) «el problema ahora son los compuestos persistentes, que se acumulan y se propagan por la cadena trófica. Ese es el desafío que hay que resolver ahora y para eso se ha puesto en marcha Reach». Para Gonzalo Aizpiri, la normativa, lejos de suponer una traba para las industrias va a suponer un estímulo que rendirá muchos más frutos que problemas. «Reach va a hacer que la industria química europea tenga un papel de liderazgo mundial en el futuro si sabe aprovecharla. Es un gran desafío, pero va a dar un perfil más competitivo y sostenible al sector, porque bien aplicado debe ser un gran incentivo a la innovación», dice.

Obviamente, también preocupan los costes del reglamento y su impacto en el empleo. En Estados Unidos, el National Toxicology Programme, que realiza análisis semejantes, asegura que probar una sola sustancia cuesta entre 2 y 4 millones de dólares a lo largo de los 3 años que, de promedio, cuesta realizar todos los ensayos necesarios. Según este baremo, la carga financiera de probar las 30.000 sustancias de Reach se dispararía.

Otro aspecto que preocupa es que en el caso de las importaciones solo se controlarán las sustancias químicas que entren como tales en el mercado europeo, pero no los productos terminados que puedan llevarlos o que hayan empleado esas sustancias en su fabricación. Además de la competencia en desigualdad de condiciones para la industria europea, esta limitación entraña un riesgo considerable. Un ejemplo significativo del mismo es la sonada retirada de los mercados occidentales de casi un millón de juguetes fabricados por la empresa Mattel en China (porque la pintura contenía plomo), que se ha producido este verano y ha ocupado importantes espacios en los medios de información.



Anuncio del DDT (diclorodifeniltricloroetano) de 1946. Fue prohibido por Estados Unidos en 1972 por sus efectos sobre la cadena trófica. Pero su eficacia contra la malaria es tal que la OMS recomendó en 2006 su uso en la lucha contra esta enfermedad. Para otros usos continúa prohibido.

JUAN FERNÁNDEZ
Periodista científico